

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-174755
 (43)Date of publication of application : 29.06.2001

(51)Int.Cl. G02B 27/28

(21)Application number : 11-353505
 (22)Date of filing : 13.12.1999

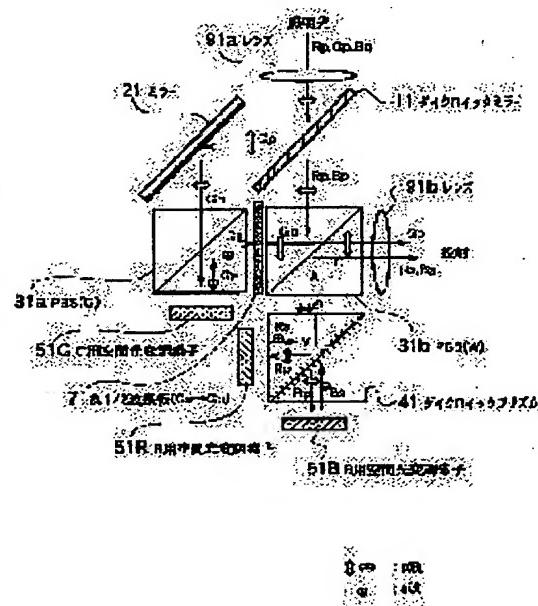
(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD
 (72)Inventor : SUZUKI TETSUJI

(54) COLOR SEPARATING/SYNTHESIZING OPTICAL SYSTEM AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a compact color separating/synthesizing optical system superior in color reproducibility.

SOLUTION: Three primary colors of red light, green light, and blue light are separated, and a corresponding reflection type space optical modulation element is irradiated with each color light, and red light, green light, and blue light subjected to required modulation by the reflection type space optical modulation elements are synthesized and are emitted to a projection lens system. In this color separating/synthesizing optical system, a dichroic mirror is used as a color separation means only in the going path of illuminating light, and a 1/2 phase plate or a wavelength selective phase plate and a polarization beam splitter are combined to synthesize and separate color light, and thus the number of optical parts for use is reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

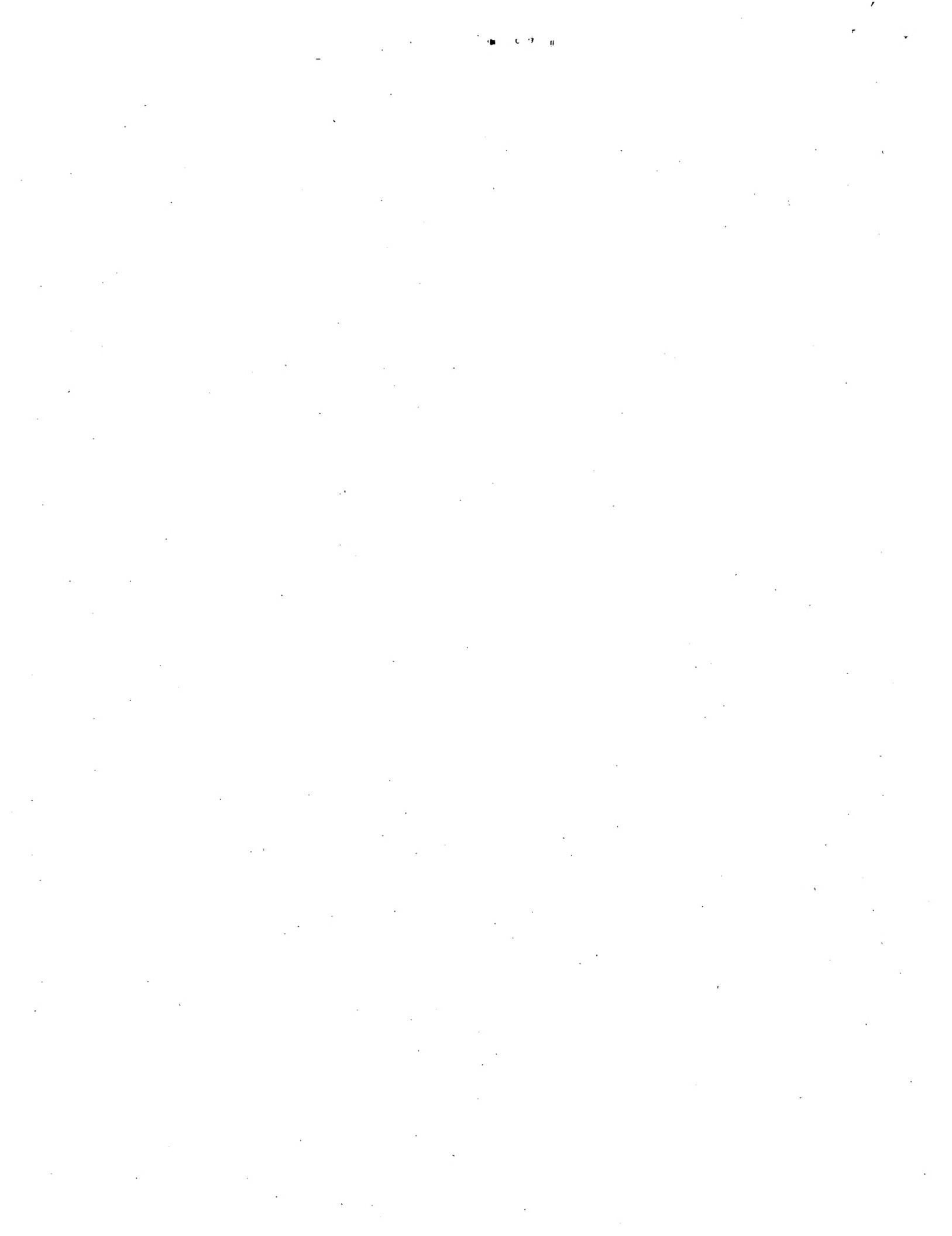
[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-174755

(P2001-174755A)

(43) 公開日 平成13年6月29日 (2001.6.29)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 2 B 27/28

識別記号

F I
G 0 2 B 27/28

テマコード(参考)
Z 2 H 0 9 9

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平11-353505

(22) 出願日 平成11年12月13日 (1999.12.13)

(71) 出願人 000004329
日本ピクター株式会社
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

(72) 発明者 鈴木 鉄二
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ピクター株式会社内

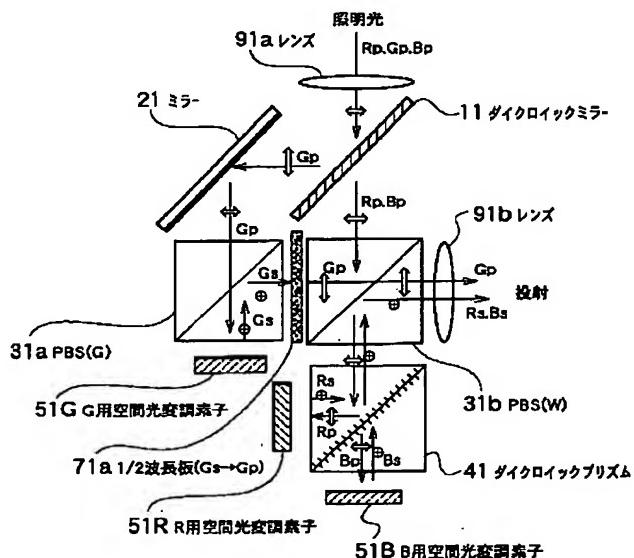
(74) 代理人 100083806
弁理士 三好 秀和 (外9名)
F ターム(参考) 2H099 AA11 BA09 CA02 CA07 CA08
CA11 DA05

(54) 【発明の名称】 色分解合成光学系と投射型表示装置

(57) 【要約】

【課題】 コンパクトで、色再現性に優れる色分解合成光学系を提供する。

【解決手段】 赤色光、緑色光、青色光の三原色を分解し、各色光を対応する反射型空間光変調素子に照射するとともに、反射型空間光変調素子で必要な変調を受けた赤色光、緑色光、青色光の各色光を合成し、投射レンズ系に射出する色分解合成光学系において、照明光の往路のみで色分離手段としてダイクロイックミラーを用い、1/2位相板もしくは波長選択性位相板と偏光ビームスプリッタの組み合わせで色光の合成と分離を行い、使用的する光学部品点数を減らす。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 白色照明光を赤色光、緑色光、青色光の三原色に分解し、各色光をそれぞれ対応する反射型の空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた赤色光、緑色光、青色光を合成する色分解合成光学系であり、赤色光、緑色光、青色光のうちのいずれかである第1色光を他の第2、第3色光と分離するダイクロイックミラーと、

前記第1色光を対応する空間光変調素子に照射するとともに、該第1空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第1色光を変調前の光と分離射出する第1の偏光ビームスプリッタと、

前記第1の偏光ビームスプリッタへの入射前、もしくは前記第1の偏光ビームスプリッタで分離射出後の前記第1色光を変調する1/2波長板と、

前記第2色光と前記第3色光を分離し、各色光に対応する空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第2色光と前記第3色光とを合成射出するダイクロイックプリズムと、

前記第1の偏光ビームスプリッタと前記1/2波長板を通して射出される第1色光と前記ダイクロイックプリズムから射出される第2色光と第3色光とを合成し、この合成光を一方向に射出する第2の偏光ビームスプリッタとを有する色分解合成光学系。

【請求項2】 白色照明光を赤色光、緑色光、青色光の三原色に分解し、各色光を対応する反射型の空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた赤色光、緑色光、青色光の各色光を合成する色分解合成光学系であり、

赤色光、緑色光、青色光のうちのいずれかである第1色光を他の第2、第3色光と分離するダイクロイックミラーと、

前記第1色光を対応する空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた第1色光を変調前の光と分離射出する第1の偏光ビームスプリッタと、

前記第2色光または前記第3色光の一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第1の波長選択性位相板と、

前記第1の波長選択性位相板を透過した前記第2色光と前記第3色光を分離して各色光に対応する空間光変調素子に照射するとともに、各空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第2色光と前記第3色光を合成し、この合成光を変調前の光と分離射出する第2の偏光ビームスプリッタと、

前記第2の偏光ビームスプリッタから射出された第2色光と第3色光の偏光を揃えるため、いずれか一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第2の波長選択性位相板と、

前記第2の波長選択性位相板を透過した前記第2、第3色光と、前記第1の偏光ビームスプリッタで分離射出した第1色光とを合成し、この合成光を一方向に射出する第3の偏光ビームスプリッタとを有する色分解合成光学系。

【請求項3】 白色照明光を赤色光、緑色光、青色光の三原色に分解し、各色光をそれぞれ対応する反射型の空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた赤色光、緑色光、青色光の各色光を合成する色分解合成光学系であり、赤色光、緑色光、青色光のうちのいずれかである第1色光を他の第2、第3色光と分離するダイクロイックミラーと、

前記第1色光を対応する空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた第1色光を変調前の光と分離射出する第1の偏光ビームスプリッタと、

前記第2、第3色光の一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第1の波長選択性位相板と、

前記第1の波長選択性位相板を透過した前記第2、第3色光を分離して各色光に対応する空間光変調素子に照射するとともに、各空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第2、第3色光を合成し、この合成光を変調前の光と分離射出する第2の偏光ビームスプリッタと、

前記第2の偏光ビームスプリッタから射出された前記第2、第3の色光の偏光を揃えるため、前記第2、第3色光の一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第2の波長選択性位相板とを有し、

前記第2の波長選択性位相板を透過して射出される前記第2、第3色光と、前記第1の偏光ビームスプリッタで分離射出された前記第1色光とを前記第1の偏光ビームスプリッタ用いて合成し、かつこの合成光を一方向に射出する色分解合成光学系。

【請求項4】 白色照明光を赤色光、緑色光、青色光の三原色に分解し、各色光を対応する反射型の空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた赤色光、緑色光、青色光の各色光を合成する色分解合成光学系であり、

赤色光、緑色光、青色光のうちのいずれかの色光である第1色光を変調し、他の第2、第3色光を変調せずに透過する第1の波長選択性位相板と、

前記第1色光と前記第2、第3色光とを分離する第1の偏光ビームスプリッタと、

前記第2、第3色光の一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第2の波長選択性位相板と、

前記第2の波長選択性位相板を透過した前記第2、第3色光を各色光に対応する空間光変調素子に照射するとともに、各空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第2、第3色光を合成し、この合成光を変調前の光と分離射出する第2の偏光ビームスプリッタと、

前記第2の偏光ビームスプリッタで射出された前記第2、第3の色光の偏光を揃えるため、前記第2、第3色光の一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第3の波長選択性位相板と、前記第1色光を対応する空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第1色光を変調前の光と分離射出し、前記第3の波長選択性位相板を透過して射出される前記第2、第3色光と、前記第1の偏光ビームスプリッタで分離射出された第1色光とを合成し、合成光を一方向に射出する第3の偏光ビームスプリッタとを有する色分解合成光学系。

【請求項5】 前記請求項1～4のいずれかに記載の色分解合成光学系と、赤色光、緑色光、青色光各色光用の反射型の空間光変調素子と、照明光学系と、投射光学系とを有する投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は色分解合成光学系に関し、特に反射型空間光変調素子を用いたカラー投射表示装置に応用できる色分解合成光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】光の三原色であるR(赤) G(緑) B(青) それぞれに対応した3枚の空間光変調素子を用いてカラー画像を形成する投射型表示装置では、白色の照明光を波長域によってRGBの三つの色光に分解し、各色光を対応する空間光変調素子に照射するとともに、各空間光変調素子で所定の変調を受けた後のRGBの各色光を合成して投射光とする、色分解合成光学系が必要となる。

【0003】空間光変調素子が透過型である場合は、板状の空間光変調素子に対し表面から所定の色光の光を入射すれば、裏面側から変調後の射出光を取り出すことができる。即ち、入射光の光路と変調後の光路はもともと分離されているため、光の分解と合成をそれぞれ独立に行うことは容易である。

【0004】これに対し、空間光変調素子が反射型である場合は、変調後の射出光が反射されて光の入射側に戻ってくるため、照明光と射出光を分離する必要がある。よって、透過型の場合に較べ、色分解合成光学系の構成はより複雑なものとなる。

【0005】色光の分解合成は、例えば、ダイクロイックミラーや、ダイクロイックプリズム、偏光ビームスプリッター(PBS)等の光学部品を組み合わせて行う。

【0006】図19は、本願出願人によって開示された(特開平3-288124)従来のカラー投射表示装置の色分解合成光学系の構成例を示すものである。この色分解合成光学系では、白色光源401から射出された光のうちs偏光波がPBS402を介して、特殊形状のプ

リズム403に入射される。B光とR光はプリズムのB反射面およびR反射面でそれぞれ反射され、プリズム内での複数の反射を経て各空間光変調素子404a、404cに導かれる。一方、G光はプリズム内を透過直進してG光用空間光変調素子404bに導かれる。

【0007】各空間光変調素子で必要な変調を受けたs偏光波からp偏光波となったRGB各色光は、プリズム403中を往路とほぼ同じ光路を逆にたどりながら合成されPBS402を透過直進して投射レンズ405側に射出される。

【0008】図20は、本願出願人により開示した(特開平11-14943)別の従来例であるカラー投射表示装置の色分解光学系の構成を示す。図20(A)は平面構成図、図20(B)は側面構成図、図20(C)は背面構成図である。この色分解光学系では、空間光変調素子に入射する照明光の往路と空間光変調素子で変調された光の復路とを分離するため2階建て構造をしている。白色光源501より射出された光は、上段に設けられた複数のダイクロイックミラー502、505、507によってRGBの各色光に分解された後、各ミラー506R、506G、506Bで下段に導かれ、それぞれ各偏光ビームスプリッタ(PBS)509R、509G、509Bを介して各空間光変調素子510R、510G、510Bに照射される。各空間光変調素子で変調を受けた光は、再びPBS509R、509G、509Bを介して交叉型ダイクロイックプリズム511で合成され、投射光学系512に射出される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図19に示した従来の色分解合成光学系は、部品点数も少なく構成がシンプルであるが、プリズム403内では、複数の反射が繰り返されるため、空間光変調素子から投射レンズまでの実質的な光路であるいわゆる投射レンズのバックフォーカスが長い。バックフォーカスが長いと、レンズの結像精度が落ちるため、必要な投射レンズの数も増えレンズコストはかかる。

【0010】また、この従来例では、空間光変調素子への照明光と射出光にあたる光の往路と復路で同じプリズム403を用いて、照明光の色分解と変調後の色合成を行っているが、プリズムの反射特性は光の偏光軸が異なれば微妙に変化するため、反射の帯域が色分解時と色合成時でずれが生じる。よって、R光とG光、またはG光とB光のように隣接する波長帯域間で、RGB各帯域のカットオフ波長のずれにより混色が生じやすい。

【0011】なお、上述のような斜面傾斜度が小さい特殊なプリズム403の代わりに、一般的に使用されている45度の傾斜面を持つダイクロイックミラーやダイクロイックプリズムを往路と復路で用いる場合は、光の入射角のずれによるRGB各帯域のカットオフ波長の変動はさらに大きいため混色の問題はより深刻になる。

【0012】図20に示す従来例の色分解合成光学系では、空間光変調素子に入射する光の往路と空間光変調素子で変調された光の復路とをほぼ完全に分離しているため上述の従来例における色分解時と合成時の光学特性ずれによる混色の問題を解決している。しかし、多くのガラスブロックからなるプリズムやミラーの使用が必要であるため装置が大型化し、構成も複雑で、重量も重く、コストもかさむ。

【0013】上述の課題に鑑み、本発明の目的は、より簡易な構成で良好な色再現性を満足する色分解合成光学系を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の色分解合成光学系の第1の特徴は、白色照明光を赤色光、緑色光、青色光の三原色に分解し、各色光をそれぞれ対応する反射型の空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた赤色光、緑色光、青色光を合成する色分解合成光学系において、赤色光、緑色光、青色光のうちのいずれかである第1色光を他の第2、第3色光と分離するダイクロイックミラーと、前記第1色光を対応する空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第1色光を変調前の光と分離射出する第1の偏光ビームスプリッタと、前記第1の偏光ビームスプリッタへの入射前、もしくは前記第1の偏光ビームスプリッタで分離射出後の前記第1色光を変調する1/2波長板と、前記第2色光と前記第3色光を分離し、各色光に対応する空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第2色光と前記第3色光とを合成射出するダイクロイックプリズムと、前記第1の偏光ビームスプリッタと前記1/2波長板を通して射出される第1色光と前記ダイクロイックプリズムから射出される第2色光と第3色光とを合成し、この合成光を一方に向射出する第2の偏光ビームスプリッタとを有することである。

【0015】上記第1の特徴によれば、ダイクロイックミラーを照明光の往路のみで分離手段として用いているので、往路復路で用いる場合に生じるカットオフ波長のずれによる混色を避けるとともに、ダイクロイックミラーの光学特性が直接投射映像に影響を与えるのを抑制できる。また、各色光の合成射出に際し、偏光ビームスプリッタを用いているため、p偏光波とs偏光波を選択分離する過程で、不要な偏光成分を取り除き、高いコントラストを持つ投射映像を与えることができる。ダイクロイックプリズムに、第2、第3の色光の分離と合成の複数の機能を持たせることにより使用するガラスブロックの数を減らし、軽量化、コンパクト化を図っている。空間光変調素子から投射レンズ系までの光路長を短くできるため、投射レンズ設計への負担を軽くできる。

【0016】なお、上述の第1の特徴を有する色分解合成光学系において、ダイクロイックミラーで分離する第

1色光を緑色光としてもよい。この場合は、ダイクロイックプリズムを用いて分離する色光は波長帯域が離れた赤色光と青色光となるため、カットオフ波長の変動による分離特性への影響を少なくできる。

【0017】上述の第1の特徴を有する色分解合成光学系において、1/4波長板を各空間光変調素子に隣接して配置すれば、各色光の偏光状態を補正し、より高いコントラスト比の投射映像を得ることができる。

【0018】本発明の色分解合成光学系の第2の特徴は、白色照明光を赤色光、緑色光、青色光の三原色に分解し、各色光を対応する反射型の空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた赤色光、緑色光、青色光の各色光を合成する色分解合成光学系において、赤色光、緑色光、青色光のうちのいずれかである第1色光を他の第2、第3色光と分離するダイクロイックミラーと、前記第1色光を対応する空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた第1色光を変調前の光と分離射出する第1の偏光ビームスプリッタと、前記第2色光または前記第3色光の一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第1の波長選択性位相板と、前記第1の波長選択性位相板を透過した前記第2色光と前記第3色光を分離して各色光に対応する空間光変調素子に照射するとともに、各空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第2色光と前記第3色光を合成し、この合成光を変調前の光と分離射出する第2の偏光ビームスプリッタと、前記第2の偏光ビームスプリッタから射出された第2色光と第3色光の偏光を揃えるため、いずれか一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第2の波長選択性位相板と、前記第2の波長選択性位相板を透過した前記第2、第3色光と、前記第1の偏光ビームスプリッタで分離射出した第1色光とを合成し、この合成光を一方に向射出する第3の偏光ビームスプリッタとを有することである。

【0019】上記第2の特徴によれば、ダイクロイックミラーを、光の往路のみで分離手段として用いているので、往路復路で用いる場合に生じるカットオフ波長のずれによる混色を避けるとともに、ダイクロイックミラーの特性が直接投射映像に影響を与えるのを抑制できる。

【0020】また、各色光の合成射出に際し、偏光ビームスプリッタを用いているため、p偏光波とs偏光波を選択分離する過程で、不要な偏光成分を取り除き、高いコントラストの投射映像を与えることができる。

【0021】また、第2の偏光ビームスプリッタに第2、第3の色光の分離と合成の複数の機能を持たせることにより使用するガラスブロックの数を減らし、軽量化、コンパクト化を図っている。空間光変調素子から投射レンズ系までの光路長を短くできるため、投射レンズ設計への負担を軽くできる。

【0022】なお、上述の第2の特徴を有する色分解合成光学系において、ダイクロイックミラーで分離する第1色光を緑色光としてもよい。この場合は、第2色光と第3色光は波長帯域が離れた赤色光と青色光となるため、波長選択性位相板で位相変調を行う波長帯域のカットオフ波長がずれても変動を少なくできる。

【0023】上述の第2の特徴を有する色分解合成光学系において、 $1/4$ 波長板を各空間光変調素子に隣接して配置すれば、各色光の偏光状態を補正し、より高いコントラスト比を得ることができる。

【0024】本発明の色分解合成光学系の第3の特徴は、白色照明光を赤色光、緑色光、青色光の三原色に分解し、各色光をそれぞれ対応する反射型の空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた赤色光、緑色光、青色光の各色光を合成する色分解合成光学系において、赤色光、緑色光、青色光のうちのいずれかである第1色光を他の第2、第3色光と分離するダイクロイックミラーと、前記第1色光を対応する空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた第1色光を変調前の光と分離射出する第1の偏光ビームスプリッタと、前記第2、第3色光の一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第1の波長選択性位相板と、前記第1の波長選択性位相板を透過した前記第2、第3色光を分離して各色光に対応する空間光変調素子に照射するとともに、各空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第2、第3色光を合成し、この合成光を変調前の光と分離射出する第2の偏光ビームスプリッタと、前記第2の偏光ビームスプリッタから射出された前記第2、第3の色光の偏光を揃えるため、前記第2、第3色光の一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第2の波長選択性位相板とを有し、前記第2の波長選択性位相板を透過して射出される前記第2、第3色光と、前記第1の偏光ビームスプリッタで分離射出された前記第1色光とを前記第1の偏光ビームスプリッタを用いて合成し、かつこの合成光を一方向に射出することである。

【0025】上記第3の特徴によれば、ダイクロイックミラーを、光の往路のみで色分離手段として用いているので、往路復路で用いる場合に生じるカットオフ波長のずれによる混色を避けるとともに、ダイクロイックミラーの光学特性が直接投射映像へ影響することを抑制できる。

【0026】また、各色光の合成射出に際し、偏光ビームスプリッタを用いているため、p偏光波とs偏光波を選択分離する過程で、不要な偏光成分を取り除き投射映像に高いコントラスト比を与えることができる。

【0027】また、第1の偏光ビームスプリッタ、第2の偏光ビームスプリッタにそれぞれ色光の分離と合成の複数の機能を持たせることにより使用するガラスブロックの数を2個まで減らし、軽量化、コンパクト化を図つ

ている。各空間光変調素子から投射レンズ系までの光路長も短くできるため、投射レンズ設計への負担も軽い。

【0028】なお、上述の第3の特徴を有する色分解合成光学系において、ダイクロイックミラーで分離する第1色光を緑色光としてもよい。この場合は、第2色光と第3色光は波長帯域が離れた赤色光と青色光となるため、波長選択性位相板で位相変調を行う波長帯域のカットオフ波長がずれても分離特性の変動を少なくできる。

【0029】上述の第3の特徴を有する色分解合成光学系において、 $1/4$ 波長板を各空間光変調素子に隣接して配置すれば、各色光の偏光状態を補正し、より高いコントラスト比の投射映像を得ることができる。

【0030】本発明の色分解合成光学系の第4の特徴は、白色照明光を赤色光、緑色光、青色光の三原色に分解し、各色光を対応する反射型の空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた赤色光、緑色光、青色光の各色光を合成する色分解合成光学系において、赤色光、緑色光、青色光のうちのいずれかの色光である第1色光を変調し、他の第2、第3色光を変調せずに透過する第1の波長選択性位相板と、前記第1色光と前記第2、第3色光とを分離する第1の偏光ビームスプリッタと、前記第2、第3色光の一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第2の波長選択性位相板と、前記第2の波長選択性位相板を透過した前記第2、第3色光を各色光に対応する空間光変調素子に照射するとともに、各空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第2、第3色光を合成し、この合成光を変調前の光と分離射出する第2の偏光ビームスプリッタと、前記第2の偏光ビームスプリッタで射出された前記第2、第3の色光の偏光を揃えるため、前記第2、第3色光の一方の色光を変調し、他方の色光を変調せずに透過する第3の波長選択性位相板と、前記第1色光を対応する空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子で必要な変調を受けた前記第1色光を変調前の光と分離射出し、前記第3の波長選択性位相板を透過して射出される前記第2、第3色光と、前記第1の偏光ビームスプリッタで分離射出された第1色光とを合成し、合成光を一方向に射出する第3の偏光ビームスプリッタとを有することである。

【0031】上記第4の特徴によれば、ダイクロイックミラーやダイクロイックプリズムを用いずに、入射角依存性の少ない波長選択性位相板と偏光ビームスプリッタを用いて各色光の分離と合成を行っているため、コーンアングルの大きい照射光に対しても良好な解像度を提供できる。

【0032】また、各色光の合成射出に際し、偏光ビームスプリッタを用いているため、p偏光波とs偏光波を選択分離する過程で、不要な偏光成分を取り除き高いコントラスト比を与えることができる。

【0033】また、第3の偏光ビームスプリッタにそれ

ぞれ色光の分離と合成の複数の機能を持たせることにより使用するガラスブロックの数を減らし、軽量化、コンパクト化を図っている。各空間光変調素子から投射レンズ系までの光路長も短いため、投射レンズ設計への負担を軽くできる。

【0034】なお、上述の第4の特徴を有する色分解合成光学系において、第1の波長選択性位相板と第1の偏光ビームスプリッタを用いて分離する第1色光を緑色光としてもよい。この場合は、第2色光と第3色光は波長帯域が離れた赤色光と青色光となるため、第2の波長選択性位相板で位相変調を行う波長帯域のカットオフ波長のマージンが広がる。

【0035】上述の第4の特徴を有する色分解合成光学系において、 $1/4$ 波長板を各空間光変調素子に隣接して配置すれば、各色光の偏光状態を補正し、より高いコントラスト比を得ることができる。

【0036】なお、上述した第1～第4のいずれかの特徴を有する色分解合成光学系を、赤色光、緑色光、青色光各色光用の反射型の空間光変調素子と組み合わせ、さらに照明光学系および投射光学系を備えれば、軽量かつコンパクトで解像度、コントラスト比の高い投射映像をもつ投射型表示装置を提供できる。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながらRGB各色光専用の3枚の反射型の空間光変調素子を用いた投射型表示装置に使用する色分解合成光学系に係る第1～第4の実施の形態について説明する。

【0038】(第1の実施の形態)まず、図1～図5を参照して、第1の実施の形態について説明する。

【0039】図1は、第1の実施の形態に係る色分解合成光学系の構成例を示す図である。この光学系を構成する主要な光学部品は、1枚のダイクロイックミラー11、2個の偏光ビームスプリッタ(PBS)31a、31b、1個のダイクロイックプリズム41および $1/2$ 波長板71aである。使用されるガラスブロックの数が図20に示す従来の光学系に較べかなり少ない。また、ダイクロイックミラー11は光の往路のみで用いているため、図19に示す従来の光学系のように、往路復路でのカットオフ波長のずれによる混色の問題もない。

【0040】ここで、ダイクロイックミラー11とは、所定の波長帯域の光のみを透過もしくは反射する光学部品をいう。図2は、このダイクロイックミラー11に白色光を入射させた場合の透過特性例を示すグラフである。この図に示すように、約500nm～600nmに波長域を有するG光が反射されるため、透過光は約400nm～500nmの波長を有するB色および約600nm～780nmの波長を有するR色の混合であるマゼンタ色の光となる。

【0041】偏光ビームスプリッタ(PBS)31a、31bとは、偏光方向によって光の進行方向を分離する

光学部品であり、例えば、斜面に多層薄膜を蒸着した2個のプリズムを接合材で接合したものが用いられる。一般には、多層薄膜斜面で直線偏光のうちs偏光波(水平偏光波)のみを反射し、p偏光波(垂直偏光波)を透過する。

【0042】また、ここで用いるダイクロイックプリズム41は、キュービック状の光学部品の対角面に一定の波長領域の光を反射するダイクロイック面を有するものである。図3(a)は、ダイクロイックプリズム41に白色光を入射させた場合の透過光の特性例を示す図である。同図に示すように、例えば、ダイクロイック面で約570nm付近を境にそれ以下の短波長の可視光を透過し、長波長の可視光を反射する。

【0043】 $1/2$ 波長板71aは、直線偏光の光を入射した場合、この直線偏光に直交する方向の直線偏光に変える波長板であり、この波長板を用いればp偏光波をs偏光波に変えることができる。

【0044】なお、反射型の空間光変調素子としては例えば駆動回路となるMOSICを形成したシリコン基板上にA1等で光の反射面となる画素電極を形成し、これを面状の透明電極を形成した透明ガラス基板と所定ギャップで対向配置し、このギャップに液晶を注入封止したものを使用できる。

【0045】第1の実施の形態に係る色分解合成光学系では、白色照明光をRGBの各色光に分解する際は、まずダイクロイックミラー11でG光を分離し、その後ダイクロイックプリズム41を用いてR光とB光を分離して各色光の空間光変調素子に入射させている。また、各空間光変調素子で所定の変調を受けた光は、ダイクロイックプリズム41とPBS31a、31bと、 $1/2$ 波長板71aを用いて合成している。

【0046】以下、より具体的に、光の進路を追いかながら、図1に示す色分解合成光学系について説明する。なお、以下必要に応じて、緑色のp偏光波はGp光、緑色のs偏光波はGs光と表す。赤色光、青色光についても同様に表す。

【0047】白色照明光は、予め図示しない偏光板やPBSもしくは別の偏光変換手段により、入射光をp偏光波に揃えた状態で必要なレンズ91aを介して入射される。まず、図2に示す反射透過特性を有するダイクロイックミラー11でGp光を反射するとともにRp光とBp光を透過する。

【0048】ダイクロイックミラー11で反射分離されたGp光は、次に板状のミラー21で反射され、G光用のPBS31aに入射する。Gp光はp偏光波であるためそのままPBS31aを透過直進し、その先に配置されたG光対応の空間光変調素子51Gに入射する。

【0049】Gp光はここで、映像信号に応じた変調を受け、再びPBS31aに戻ってくるが、変調されGs偏光波に変わったGs光はPBS31aの多層薄膜斜面で

反射され、分離射出される。分離射出されたG s光は、進行方向に垂直となるように配置された $1/2$ 波長板71aを通過する過程でp偏光波に変調される。さらにG p光はPBS31bを透過直進する過程でRs光、Bs光と合成される。

【0050】一方、ダイクロイックミラー11を透過したRp光とBp光は、ともにp偏光波であるため、進行路に配置されたPBS31bを透過直進してその先に置かれたダイクロイックプリズム41に入射する。ダイクロイックプリズム41のダイクロイック斜面は図3(a)に示したように約570nm以上の波長の光を反射し、この帯域より短波長の光を透過するので、約500nm以下の波長を持つBp光は透過直進し、約600nm以上の波長を持つRp光は斜面で反射される。こうして、それぞれの色光は、分離され、それぞれの進行先に配置された空間光変調素子51R、51Bに照射される。

【0051】各色光は、空間光変調素子51R、51Bで各映像信号に応じた変調を受け、再びダイクロイックプリズム41に戻ってくる。変調状態にかかわらず、R光はダイクロイック面で反射され再び90度進行方向を変えPBS31bに入射する。空間光変調素子51Bで必要な変調を受けたB光は、変調状態にかかわらずダイクロイック面を透過し、PBS31bに戻る。変調後のR光とB光はともにs偏光波であるため、PBS31bの多層薄膜斜面で反射され進行方向を直交する方向に変える。ここで直交する他方から進行してきたGp光と合流し、RGB三色が合成されて、レンズ91bを経て投射光として射出される。

【0052】なお、図3(b)に示すように、ダイクロイックプリズム41として、透過反射特性が図3(a)と反転する関係にあるものを用いることもできる。この場合は、B用空間光変調素子51BとR用空間光変調素子51Rの配置を交換すればよい。

【0053】また、上述する光学系で用いる各PBSは、合成分離の対象となる色光において最も良好な光学特性が得られるように使用する波長帯域に専用のPBSを用いることが望ましい。

【0054】図4は、第1の実施の形態に係る色分解合成光学系の別の形態を示す。図1に示した色分解合成光学系との構成において、各色光の空間光変調素子51R、51G、51Bの入光面に隣接するように $1/4$ 波長板61R、61G、61Bを追加配置したものである。

【0055】光源からの照明光は、通常ある程度の拡がり(コーンアングル)を有するため、各光学素子に入射する光の中には所定の入射角とはずれて斜めから入射するものもある。例えばこのような斜め成分の光がPBSに入射すると、空間光変調素子に入射されるときには直線偏光でなくなる成分を含んで入射することになる。

【0056】そこで、図4に示すように各空間光変調素子51B、51G、51Rの手前に $1/4$ 波長板61R、61G、61Bを配置し、もっとも黒が沈む位置に合わせて固定すれば、光束がこの $1/4$ 波長板61R、61G、61Bを往復する間に直線偏光からずれた成分を補正するので、浮いた黒を沈めて、高いコントラスト比を持つ投射映像を得ることが出来る。

【0057】図5は、第1の実施の形態に係る色分解合成光学系のさらに別の形態を示すものである。使用する光学部品と主な光学部品の配置は、図1に示す色分解合成光学系と共通する。図1の色分解合成光学系と異なる点は、PBS31aの光路手前に $1/2$ 波長板71bが配置されている点である。なお、この $1/2$ 波長板71bの配置の変更に伴い、G用空間光変調素子51Gの位置も移動している。

【0058】ここでは、ダイクロイックミラー11で反射分離されたGp光は、ミラー21で反射され、進路を変えた後、進行方向に垂直になるように置かれた $1/2$ 波長板71bに入射し、これを通過する過程でs偏光波に変調され、この後にG光用のPBS31aに入射する。Gs光は多層薄膜斜面で反射され、反射方向に配置したG用空間光変調素子51Gに入射する。

【0059】Gs光はここで、映像信号に応じた変調を受け、再びPBS31aに戻ってくるが、変調されp偏光波に変わった光は第1PBS31aを透過直進して射出され、Rs光とBs光と合成され、レンズ91bを通して投射光の一部として射出される。R光、B光についての分解合成方法は図1に示す色分解合成系と同様である。

【0060】上述する第1の実施の形態に係る色分解合成光学系では、ガラス板にダイクロイック膜を蒸着した安価なダイクロイックミラーをG色光の分離に用いている。軽量で、コスト的にも有利な上に、ダイクロイックミラーは、ダイクロイックプリズムのようにガラス中に光路を形成しないため、入射光の角度変化に対する光学特性も比較的安定している。また、空間光変調素子への照明光の往路のみで用いているため、ダイクロイックミラーの特性は投射映像に直接影響を与えない。

【0061】また、G光のみを先に分離したことにより、ダイクロイックプリズムによるR光とB光の分離は、カットオフ帯域が厳密性を要求されないで済む。よって、往路復路とともに同じダイクロイックプリズムを用いても混色の問題が生じない。

【0062】また、各空間光変調素子から投射系までの光路長がガラスブロック2個分しかなく、いわゆる投射レンズのバックフォーカスが短い。このため、投射レンズ系への負担が少なくレンズの口径を小さくしたり、使用するレンズ枚数を減らすことができる。この結果、組み合わせる投射レンズ系を小型化、低コスト化することが可能となる。

【0063】一方、この光学系では、投射光の射出側に空間光変調素子が配置されない。投射光用レンズは比較的大きいため、隣接して空間光変調素子等が存在すると、部品をずらして配置することが必要となるが、この場合は光学系に近接させて投射光用レンズを配置することが可能となる。

【0064】なお、投射表示装置を構成するには、第1の実施の形態に係る色分解合成光学系に後述するような照明光学系および投射レンズ系を組み合わせればよい。

【0065】(第2の実施の形態) 図6～図9を参照して、第2の実施の形態について説明する。

【0066】図6は、第2の実施の形態に係る色分解合成光学系の構成例を示す図である。この光学系を構成する主要な光学部品は、1枚のダイクロイックミラー12、3個の偏光ビームスプリッタ(PBS)32a、32b、32c、および2枚の波長選択性位相板82R、82Bである。使用されるガラスブロックの数が図20に示す従来の光学系に較べかなり少ない。また、入射角依存性の高いダイクロイックミラー12は光の往路のみで用いているため、図19に示す従来の光学系のように、往路復路でのカットオフ波長のずれによる混色の問題もない。

【0067】すでに第1の実施の形態で説明したように、ダイクロイックミラー12は、所定の波長帯域の光のみを透過もしくは反射する光学部品であり、例えば、ここでは図7(a)に示すように、約500nm～600nmに波長域を有するG光を反射し、約400nm～500nmの波長を有するB色および約600nm～780nmの波長を有するR色を透過する。

【0068】偏光ビームスプリッタ(PBS)32a～32cは、第1の実施の形態同様に直線偏光のうちs偏光波を多層薄膜斜面で反射し、p偏光波を透過することで、s偏光波とp偏光波を分離する。なお、それぞれ使用する波長域に適したPBSを用いることが好ましい。

【0069】波長選択性位相板82R、82Bは、所定の波長域の光の位相のみを変調する特性を有する光学部品である。例えば、数枚から数十枚の位相フィルムを少しづつ偏光軸をずらして積層した積層位相板(米国特許番号5751384)や、二枚のガラス板に液晶層を挟んで構成したもの等を用いることができる。

【0070】図7(b)は、波長選択性位相板82Rの光学特性例を示したグラフである。波長選択性位相板82Rをp偏光波のみを透過する偏光軸が平行な2枚の偏光板で挟み、一方より白色光を照射したときの透過率を示したものである。一方の偏光板でp偏光波に揃えられた白色光のうち570nm以上の長波長領域の光は、波長選択性位相板82Rにより1/2波長位相変調されs偏光波となるため射出側の偏光板を透過できず、透過光は約570nm未満の波長領域の光のみとなる。

【0071】図7(d)は、もうひとつの波長選択性位

相板82Bの光学特性例を示したグラフである。図7

(b)の場合と同様に偏光軸が互いに平行な2枚の偏光板で波長選択性位相板82Bを挟み、一方の面から白色光を入射させた場合の透過特性である。波長選択性位相板82Rとは逆に、約570nm以下の波長のみがp偏光からs偏光に変調される。

【0072】第2の実施の形態に係る色分解合成光学系は、図6に示すように、白色照明光をRGBの各色光に分解する際は、まずダイクロイックミラー12でG光を分離し、その後波長選択性位相板82RとPBS32bを用いてR光とB光を分離して各色光の空間光変調素子に入射させている。また、各空間光変調素子で所定の変調を受けた光は、PBS32b、32cと波長選択性位相板82Rとを用いて合成している。

【0073】以下、より具体的に、照明光の光路に沿って図6に示す色分解合成光学系の構成について説明する。

【0074】図6に示すように、白色照明光は、予め図示しない偏光板やPBSもしくは別の偏光変換手段により、入射光をp偏光波に揃えた状態で必要なレンズ92aを介して入射する。まず、図7(a)に示す反射透過特性を有するダイクロイックミラー12でGp光のみを進行方向と直交する方向に反射分離するとともにRp光とBp光を透過直進する。

【0075】ダイクロイックミラー12で反射分離されたGp光は、次にPBS32aを介して進行方向に垂直に配置されたG光対応の空間光変調素子52Gに入射する。Gp光はここで、映像信号に応じた変調を受け、再びPBS32aに戻ってくるが、変調されs偏光波に変わったGs光はPBS32aの多層薄膜斜面で反射され、進路を変えて射出される。さらにPBS32cに入射し、再度多層薄膜斜面で反射され、進路を変える。このとき、Gs光の進行方向と直交する他方から入射してきたRp光とBp光と合成される。

【0076】一方、ダイクロイックミラー12を透過したRp光とBp光は、進行方向に垂直に配置された波長選択性位相板82Rを介してPBS32bに入射する。図7(a)に示すようにダイクロイックミラー12を介して波長選択性位相板82Rに入射する光はG光がすでに分離されている。よって、波長選択性位相板82Rが図7(b)に示すよう位相変調のカットオフ波長を500nm～600nmの間に持つていれば、波長選択性位相板82Rをp偏光波のまま透過する光は図7(c)に示すようにほぼBp光となり、他の光は変調されRs光となる。Rs光はこの後、PBS32bの多層薄膜斜面で反射され、直交方向に進行を変える。p偏光波であるBp光はそのまま透過直進する。こうしてRs光とBp光はそれぞれの色光の進行先に配置された空間光変調素子52R、52Bに照射される。

【0077】空間光変調素子52Rで、映像信号に応じ

た変調を受け、p偏光波となったR p光はPBS32bを透過直進する。空間光変調素子52Bで変調を受け、s偏光波となったB s光はPBS32bの多層薄膜斜面で反射され、R s光と合流する。合流した光は、さらに波長選択性相板82Bを介してPBS32cに達する。

【0078】波長選択性相板82Bは図7(d)に示すように、約560nm以下の短波長領域のs偏光波のみを1/2波長位相変調し、p偏光波に変える特性を持つ。B s光はp偏光波に変調されB p光となるため、B p光とR p光はともにp偏光波として射出され、この後に配置されたPBS32cを透過直進する。途中直交方向から入り、多層薄膜斜面で反射されるG s光と合流し、RGB三色の合成光がレンズ91bを経て投射レンズ系に射出される。

【0079】この光学系によれば、ダイクロイックミラー等のように往路復路の両方で用いるとカットオフ波長のずれが生じやすい光学部品については、光の往路のみで使用しているため、混色の問題が生じにくい。また、G光の分離に用いたダイクロイックミラーは、安価なガラス板にダイクロイック膜を蒸着したものであり、プリズム等に較べ低成本な上、透過と反射の境界であるカットオフ波長の入射角依存性も小さいため、特性が安定している。

【0080】R色とB色の分離および合成は、波長選択性相板82RとPBS32bを用いて行っているが、ここで用いる波長選択性相板82Rは、入射角度の依存性が小さいため、コーンアングルを持つ光に対しても特性が安定しており、結果として光利用率を上げることができる。

【0081】また、各色光は投射光として出力されるまでに、少なくとも2つのPBSを通過するため、この過程で不要な偏光成分が取り除かれるためコントラストの高い投射影像を得ることができる。

【0082】図8は、図6に示す色分解合成光学系において、各空間光変調素子52R、52B、52Gの手前に1/4波長板62R、62B、62Gを配置したものである。第1の実施の形態においても説明したように、各空間光変調素子の手前に1/4波長板を配置すれば、1/4波長板をその面内で回転させ、もっとも黒が沈む位置に合わせて固定することで、光束がこの1/4波長板を往復する間に直線偏光からずれた成分を補正するので、浮いた黒を沈めて、高いコントラスト比を得ることが出来る。

【0083】図9は、図8に示す光分離合成光学系102を用いた投射型表示装置の構成例を示すものである。色分解合成光学系102の手前には、メタルハイドランプ等の高出力の白色光源と照明光を空間光変調素子面に均一に照射するためのインテグレータレンズを含む照明光学系112と照明光学系112より射出された光を

必要に応じて偏光面を揃えるための偏光板142と、装置のコンパクト化のために必要に応じて光路を折り畳むミラー152と、空間光変調素子に照射光を結像させるための種々のレンズ132等を配置する。また、色分解合成光学系102の後には、スクリーンに所定の投射映像を結像するための投射光学系122を備える。

【0084】本実施の形態に係る色分解合成光学系102は、従来の投射型表示装置に使用されたものに較べ、光学部品の点数も少ないばかりでなく、混色も起こりにくくとともにコントラストの高い投射映像を得ることができる。よって、低コスト化とコンパクト化を可能にするとともに、あわせて色再現性の向上を図ることができる。

【0085】(第3の実施の形態) 図10～図12を参照して、第3の実施の形態について説明する。

【0086】図10に示すように、第3の実施の形態に係る色分解合成光学系では、主要な光学部品として1枚のダイクロイックミラー13a、1枚のミラー23および2個のPBS33a、33bおよび2枚の波長選択性相板83R、83Bを用いている。使用されるガラスブロックの数が2個のみであり、図20に示す従来の光学系に較べかなり少ない。また、入射角依存性の高いダイクロイックミラー13aは光の往路のみで用いているため、図19に示す従来の光学系のように、往路復路でのカットオフ波長のずれによる混色の問題もない。

【0087】ここで用いる光学部品は、すでに述べた第1の実施の形態あるいは第2の実施の形態で用いられている光学部品と同様なものである。ダイクロイックミラー13a、波長選択性相板83R、83Bの光学特性は、図7(a)、図7(b)、図7(d)に示すダイクロイックミラー12、波長選択性相板PBS32b、PBS33bの光学特性と共に通する。

【0088】図10に示すように、白色照明光をRGBの各色光に分解する際は、まずダイクロイックミラー13aでG光を分離し、その後波長選択性相板83RとPBS33aを用いてR光とB光を分離して各色光の空間光変調素子に入射させている。また、各空間光変調素子で所定の変調を受けた光は、PBS33a、PBS33bと波長選択性相板83Bとを用いて合成している。

【0089】以下、より具体的に、照明光の光路に沿って図10に示す色分解合成光学系について説明する。

【0090】白色照明光は、予め図示しない偏光板やPBSもしくは別の偏光変換手段により、入射光をp偏光波に揃えた状態で必要なレンズ93aを介して入射する。まず、入射光の光路にダイクロイックミラー13aを配置し、G p光のみを反射分離するとともにR p光とB p光を透過直進させる。

【0091】反射分離されたG p光は、次にPBS33bを透過して、その後に配置された空間光変調素子53

Gに入射する。G p光はここで、映像信号に応じた変調を受ける。こうしてs偏光に変調されたG s光は、再びPBS33bに戻ってくる。G s光はPBS33bの多層薄膜斜面で反射され、進路を90度変え、他方から入射してきたR p光、B p光と合成される。なお、G用空間光変調素子53Gは、空間光変調素子から投射レンズ系までの光路長が各色光でほぼ等しくなるように適当な位置に配置される。

【0092】一方、ダイクロイックミラー13aを透過したR p光とB p光は、ミラー23で進行方向を変え、さらに光路に垂直に配置された波長選択性位相板83Rを介してPBS33aに入射する。第2の実施の形態における波長選択性位相板83Rと同様に波長選択性位相板83Rに入射するp偏光波のうち約560nm以上の光であるR p光は1/2位相変調されs偏光波となり、B p光についてはそのまま透過する。

【0093】よって、R s光はPBS33aの多層薄膜斜面で反射され、直交方向に進行を変え、B p光はそのまま透過直進する。こうしてR s光とB p光はそれぞれの色光の進行先に配置された空間光変調素子53R、53Bに照射される。

【0094】空間光変調素子53Rで映像信号に応じた変調を受け、p偏光波となったR p光はPBS33aを透過直進し、空間光変調素子53Bで映像信号に応じた変調を受け、s偏光波となったB s光はPBS33aの多層薄膜斜面で反射され、進行方向を直交方向に変え、直進してくるR s光と合成される。合成された光は、さらに波長選択性位相板83Bを介してPBS33bに達する。

【0095】波長選択性位相板83Bは第2の実施の形態の82Bと同様に、約560nm以下の短波長領域のs偏光波のみを1/2波長位相を変調し p偏光波に変え、その他の光はそのままの位相で透過する。即ち、B s光はp偏光波に変調されB p光となるため、B p光とR p光はともにp偏光波として射出され、この先に配置されたPBS33bを透過直進する。この途中で直交する方向から進行し多層薄膜斜面で反射されたG s光と合成される。合成光はレンズ93bを経て投射レンズ系に向け射出される。

【0096】この光学系によれば、RGB光の合成を行うPBS33bで、G光の往路と復路の分離もあわせて行っているため、必要なガラスブロックの数を2個にまで減らし、構成のシンプル化、軽量化、低コスト化を可能としている。

【0097】また、第2の実施の形態と同様に、ダイクロイックミラー等のように往路復路の両方で用いるとカットオフ波長のずれが生じやすい光学部品については、光の往路のみで使用しているため、混色の問題も生じにくい。また、G光の分離に用いたダイクロイックミラーは、安価なガラス板にダイクロイック膜を蒸着したもの

であり、プリズム等に較べ低成本な上、透過と反射の境界であるカットオフ波長の入射角依存性も小さいため、特性が安定している。

【0098】また、R色とB色の分離および合成は、波長選択性位相板83RとPBS33aを用いて行っているが、ここで用いる波長選択性位相板は、入射角度の依存性が小さいため、コーンアングルを持つ光に対しても特性が安定しており、結果的に光利用率を高くできる。

【0099】また、各色光の合成をPBSを用いて行うため、同時に不要な偏光成分を取り除くことができ、投射画像のコントラストを上げることができる。

【0100】図11は、第3の実施の形態の別の色分解合成光学系の実施例を示す構成図である。ここでは、R p光、B p光を反射し、G p光を透過するダイクロイックミラー13bを用いている。丁度図10に示したダイクロイックミラー13aと反射透過特性が逆になっている。これに伴い照明光の入光位置が変更されダイクロイックミラー13bの図中上方に移動している。このように、ダイクロイックミラーを用いた光の分離に際して、どの波長域を透過反射させるかは自由である。

【0101】また、同図に示すように、ミラー23をプリズム23aに置き換えるてもよい。プリズム23aに置き換えると、ダイクロイックミラー13bからミラー23での反射を経て波長選択性位相板83Rに入射するまでの光路の媒質を空気からガラスにかえることができる。実効的な光路長は、媒質の屈折率に左右されるため、屈折率の大きいガラスに変わることで、光源から各空間光変調素子までに実質的な光路長を短くできる。その結果、空間光変調素子面での結像精度を上げることができる。また、光源から各色対応の空間光変調素子までの光路長を各色光共に実効的に同じにすることができるので、均一で効率のよい照明光を与えることができる。

【0102】図12は、本実施の形態における光分離合成光学系103を用いた投射型液晶表示装置の構成例を示すものである。色分解合成光学系103の手前には、メタルハライドランプ等の高出力の白色光源とインテグレータレンズを含む照明光学系113と照明光学系113より射出された光を必要に応じて偏光面を揃える偏光板143と、各空間光変調素子面で照明光を結像させるための種々のレンズ133等を配置する。また、色分解合成光学系103の後には、スクリーンに所定の投射映像を結像するための投射光学系123を備える。

【0103】なお、ここに示す色分解合成系103では、各空間光変調素子の手前に1/4波長板を配置している。第1の実施の形態においても説明したように、光束がこの1/4波長板を往復する間に直線偏光からずれた成分を補正するので、浮いた黒を沈めて、高いコントラスト比を得ることが出来る。

【0104】第3の実施の形態に係る色分解合成光学系103は、従来の投射型表示装置に使用されたものに較

べ、光学部品の点数も少なく、かつ色分解時に混色も起りにくい。よって、低コスト化とコンパクト化が可能であるとともに、色再現性が良好な投射型表示装置を提供できる。

【0105】(第4の実施の形態) 図13～図18を参照して、第4の実施の形態について説明する。

【0106】図13に示すように、第4の実施の形態に係る色分解合成光学系では、主要な光学部品として1枚のミラー24および3個のPBS34a、34b、34cおよび3枚の波長選択性位相板84Ba、84Bb、84G aを用いている。これらの光学部品は、すでに述べた第1～第3の実施の形態で用いられている光学部品と同様なものである。

【0107】第4の実施の形態では白色照明光をRGBの各色光に分解する際、まず波長選択性位相板84G aとPBS34aを用いてG光を分離し、その後波長選択性位相板84B aとPBS34bを用いてR光とB光を分離している。また、各空間光変調素子で所定の変調を受けた光は、PBS34b、PBS34cと波長選択性位相板84B a、84B bを用いて合成している。

【0108】ここでは、ダイクロイックミラーを用いずに入射角依存性が少ない波長選択性位相板とPBSのみで色光の分離を行っている。よって、カットオフ波長が入射角度に対して安定であるため、大きなコーンアングルを持つ照明光を用いることもできる。

【0109】以下、より具体的に、光の進路に沿って図13に示す色分解合成光学系について説明する。

【0110】白色照明光は、予め図示しない偏光板やPBSもしくは別の偏光変換手段により、入射光をs偏光波に揃えた状態で必要なレンズ94aを介して入射する。次にG光のみを1/2位相変調する波長選択性位相板84G bを介してG光のみをp偏光波に変え、R s光とB s光はそのままPBS34aに入射する。R s光とB s光はPBS34aの多層薄膜斜面で反射され、直交する方向に進路を変え、G p光はPBS34aをそのまま透過直進する。

【0111】図14(a)は、PBS34aの多層薄膜斜面で反射されるs偏光波の波長特性を示したグラフである。

【0112】G p光はさらに、PBS34aに隣接して配置されたPBS34cを透過直進し、その先に置かれたG用空間光変調素子54Gに照射される。G p光はここで、映像信号に応じた変調を受ける。s偏光に変調されたG s光は、再びPBS34cに戻り、PBS34cの多層薄膜斜面で反射され、進路を90度変え、他方から入射してきたR p光、B p光と合成される。なお、G用空間光変調素子54Gは、各色光用の空間光変調素子から投射レンズ系までの光路長がほぼ等しくなるように適当な位置に配置することが望ましい。

【0113】一方、PBS34aの多層薄膜斜面で反射

されたR s光とB s光は、ミラー24で進行方向を変え、さらに光路に垂直に配置された波長選択性位相板84Baを介してPBS34bに入射する。

【0114】図14(b)は、波長選択性位相板84B aをs偏光波のみを透過する2枚の偏光板で挟み、一方より白色光を照射し、その透過率を示したものである。一方の偏光板でs偏光波に揃えられた光のうち550nm以下の波長領域の光は、波長選択性位相板84B aにより1/2波長位相を変調されp偏光波となるため偏光板を透過できず、透過光は550nm以上の波長領域の光のみとなる。

【0115】R s光はPBS34bの多層薄膜斜面で反射され、波長選択性位相板84B aによりp偏光波となったB p光は、PBS34bをそのまま透過直進し、それぞれの色光の進行先に配置された空間光変調素子54R、54Bに照射される。

【0116】図14(c)は、PBS34bを透過直進する光の波長依存性を示したグラフである。500nm以下のB光のみが透過直進する。

【0117】空間光変調素子54Rで映像信号に応じた変調を受け、p偏光波となったR p光はPBS34bを透過直進する。一方、空間光変調素子54Bで映像信号に応じた変調を受け、s偏光波となったB s光は、PBS34bの多層薄膜斜面で反射され、進行方向を直交する方向に変え、R s光と合成される。合成光は、さらに波長選択性位相板84B bを介してPBS34cに達する。図14(d)は、波長選択性位相板84B bの光学特性を図7(b)と同様な方法で示したものである。同図に示すように、550nm以下の波長の位相をs偏光波からp偏光波に変える。即ち、PBS34bを反射して入光してきたB s光はp偏光波に変調されB p光となる。B p光とR p光はともにp偏光波に揃い、この先に配置されたPBS34cを透過直進する。途中、直交する方向から進行し多層薄膜斜面で反射されたG s光と合成され、この合成光は、レンズ94bを経て投射レンズ系に射出される。

【0118】なお、必要に応じてレンズ94bの手前に、さらに波長選択性位相板84G bを置き、G光をp偏光波に変え、p軸に平行な光軸を持つ偏光板95と組み合わせて設置すればより高いコントラストを有する投射影像を得ることができる。

【0119】図16は、波長選択性位相板84G bの光学特性を示したグラフである。波長選択性位相板84G bをs偏光波のみを透過する2枚の偏光板で挟み、一方の面から白色光を入射して他方の面に射出する光の透過率を示したものである。500nm～600nmのp偏光のG光のみが1/2波長位相変調されs偏光波となるため透過しない。

【0120】この波長選択性位相板84G bの帯域を最適化し、実際のG色帯域より若干広めの波長帯域の光を

$1/2$ 波長位相変調すれば、RGB各波長帯域の境界にあたる不要な波長帯域をトリミングすることもできる。

【0121】なお、すでに説明したように、各空間光変調素子S4R、S4B、S4GとPBS34b、34cの間に $1/4$ 波長板を配置して、斜め光成分の位相ズレを補正することによって、コントラスト比を向上させることもできる。

【0122】また、図17に示すように、あらかじめ入射する照射光をp偏光波とし、波長選択性位相板84Rで、R p光とB p光を選択的に $1/2$ 波長位相変調し、R光とB光をs偏光波、G光をp偏光波としてもよい。

【0123】図18は、本実施の形態における光分解合成光学系104を用いた投射型表示装置の構成例を示すものである。色分解合成光学系104の手前には、メタルハライドランプ等の高出力の白色光源とインテグレータレンズを含む照明光学系114と照明光学系114より射出された光を必要に応じて偏光面を揃える偏光板134と、装置のコンパクト化のために必要に応じて光路を折り畳むミラー154と、各空間光変調素子面で照明光を結像させるための種々のレンズ144等を配置する。また、色分解合成光学系104の後には、スクリーンに所定の投射映像を結像するための投射光学系124を備える。

【0124】以上、各実施の形態に沿って本発明の色分解合成光学系および投射表示装置について説明したが、本発明は上述する実施の形態に限定されるものではない。各光学部品の配置は、種々の変更が可能である。また、その際必要に応じて光の進路を変更するためのミラーを用いてもよい。反射による光の進路は、隣り合う各光学部品の表面反射が極小になるように、各々必要に応じて反射防止膜が施されてもよいし、直接接着するようにしてよい。

【0125】

【発明の効果】上述するように、本発明の色分解合成光学系は、白色照明光を赤色光、緑色光、青色光の三原色に分解し、各色光を対応する反射型の空間光変調素子に照射するとともに、前記空間光変調素子で必要な変調を受けた赤色光、緑色光、青色光の各色光を合成するものであり、ダイクロイックミラーを用いる場合は、照明光の往路のみでの色分離手段として用いているため、カットオフ波長のずれによる混色の発生や、投射映像光への直接的な影響を抑制できる。また、各色光の合成射出に際しては、偏光ビームスプリッタを用いているため、不要な偏光成分を取り除き高いコントラスト比の投射映像を得ることができる。

【0126】ダイクロイックプリズムあるいは、偏光ビームスプリッタに色光の分離と合成の複数の機能を持たせることにより使用する光学部品数を少なくしているため、光学系の軽量化、コンパクト化が可能であるとともに

に装置コストも安くできる。また、各空間光変調素子から投射レンズ系までの実質的な光路を短くできるので、投射レンズの設計を容易にし、レンズの口径の縮小化やレンズの構成枚数を減らし、組み合わせる投射光学系のコストを低減することも可能である。

【0127】本発明の色分解合成光学系を用いた投射型表示装置は、低コスト化とコンパクト化が可能であるとともに、色再現性を良好にできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係る色分解合成光学系の構成を示す図である。

【図2】第1の実施の形態に係るダイクロイックミラーの透過特性を示すグラフである。

【図3】第1の実施の形態に係るダイクロイックプリズムに白色光を入射させた場合の透過光特性例を示す図である

【図4】第1の実施の形態に係る色分解合成光学系の別構成を示す図である。

【図5】第1の実施の形態に係るかかる色分解合成光学系のさらに別の形態を示すものである。

【図6】第2の実施の形態に係る色分解合成光学系の構成を示す図である。

【図7】第2の実施の形態に係る色分解合成光学系で用いるダイクロイックミラーおよび波長選択性位相板の光学特性を示すグラフである。

【図8】第2の実施の形態に係る色分解合成光学系の別構成を示す図である。

【図9】第2の実施の形態に係る色分解合成光学系を用いた投射表示装置の構成を示す図である。

【図10】第3の実施の形態に係る色分解合成光学系の別構成を示す図である。

【図11】第3の実施の形態に係る色分解合成光学系の別構成を示す図である。

【図12】第3の実施の形態に係る色分解合成光学系を用いた投射表示装置の構成を示す図である。

【図13】第4の実施の形態に係る色分解合成光学系の構成を示す図である。

【図14】第4の実施の形態に係る色分解合成光学系で用いるダイクロイックミラーおよび波長選択性位相板の光学特性を示すグラフである。

【図15】第4の実施の形態に係る色分解合成光学系で用いる波長選択性位相板の光学特性を示すグラフである。

【図16】第4の実施の形態に係る色分解合成光学系で用いる波長選択性位相板の光学特性を示すグラフである。

【図17】第4の実施の形態に係る色分解合成光学系の別構成を示す図である。

【図18】第4の実施の形態に係る色分解合成光学系を用いた投射表示装置の構成を示す図である。

【図19】従来の色分解合成光学系の構成例を示す図である。

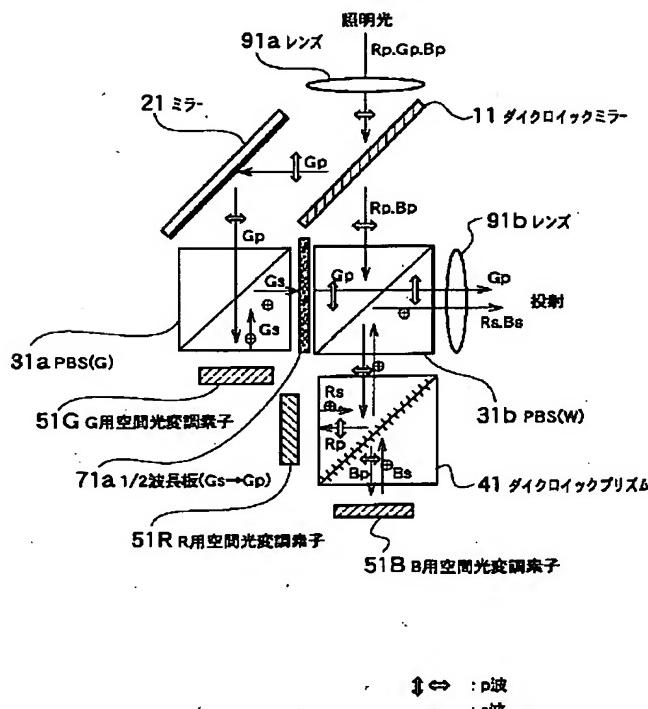
【図20】従来の色分解合成光学系の構成例を示す図である。

【符号の説明】

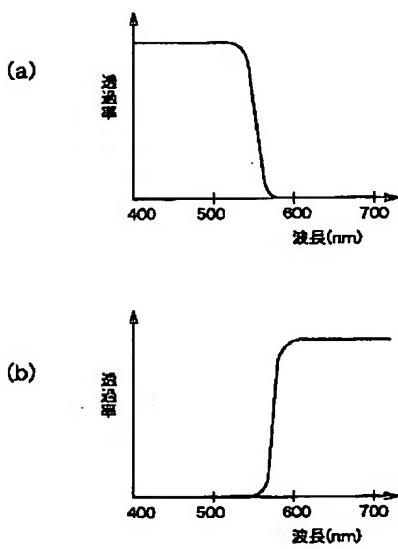
11～13 ダイクロイックミラー
21～24 ミラー

31a～34c	PBS
41	ダイクロイックプリズム
51R～54B	空間光変調素子
61R～64B	1/4波長板
71a	1/2波長板
82R～84B	波長選択性位相板

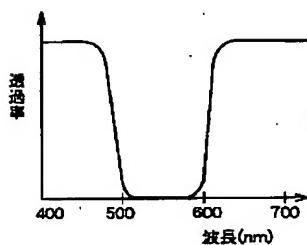
【図1】



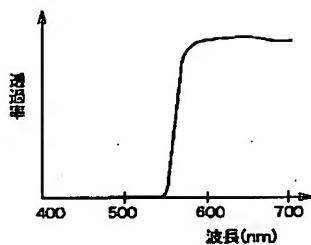
【図3】



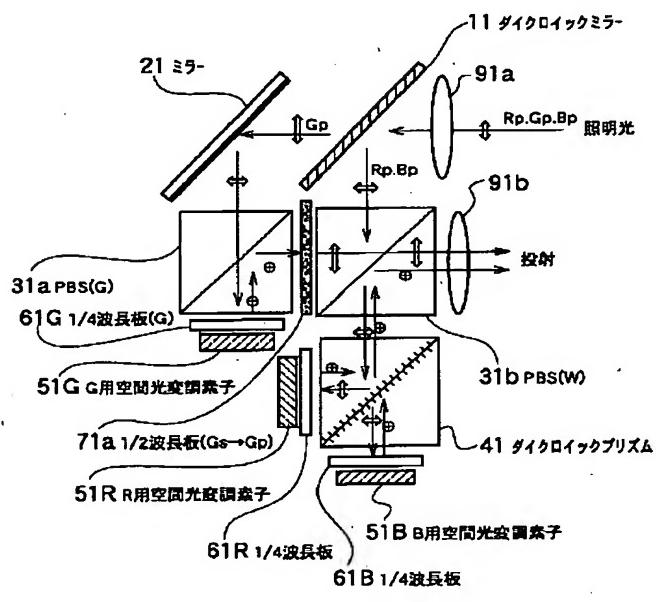
【図2】



【図15】

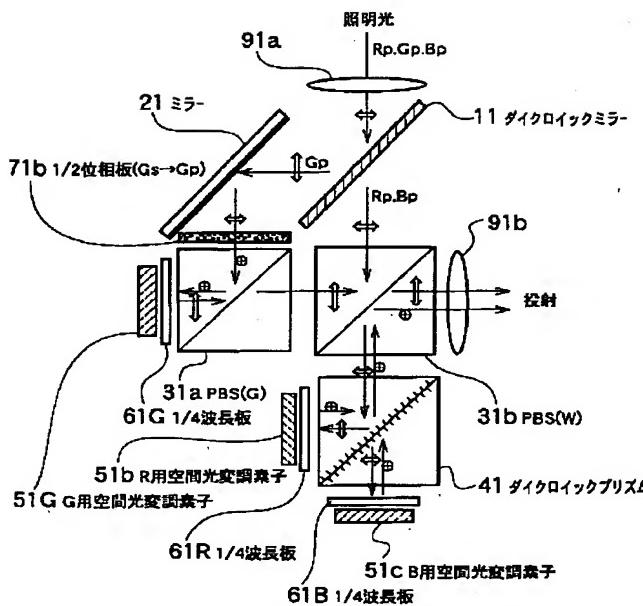


【図4】

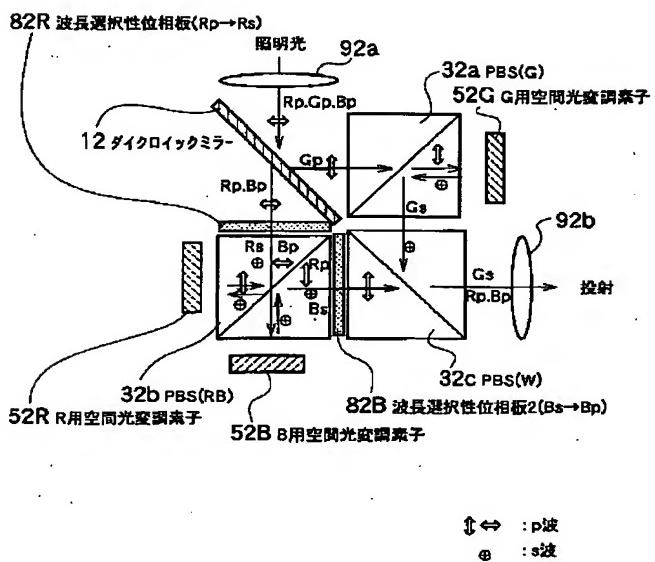


\leftrightarrow : p波
 \oplus : s波

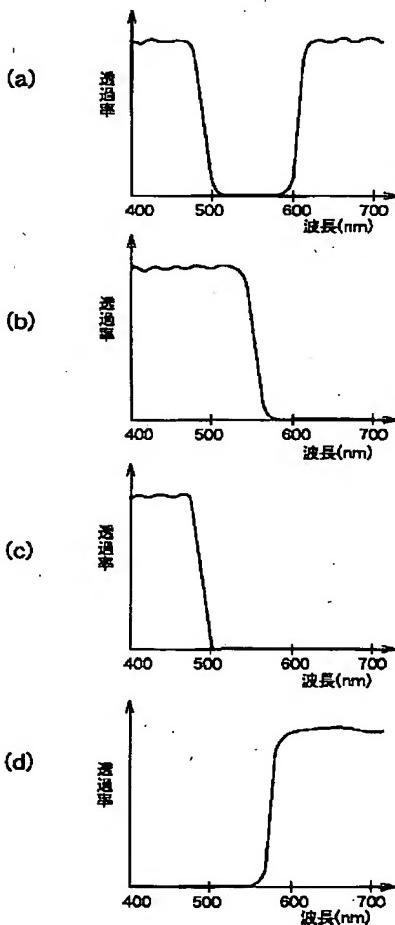
【図5】



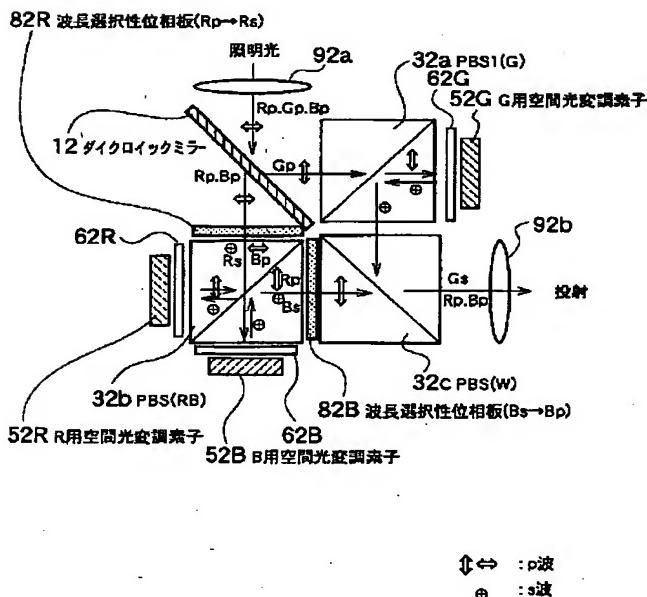
【図6】



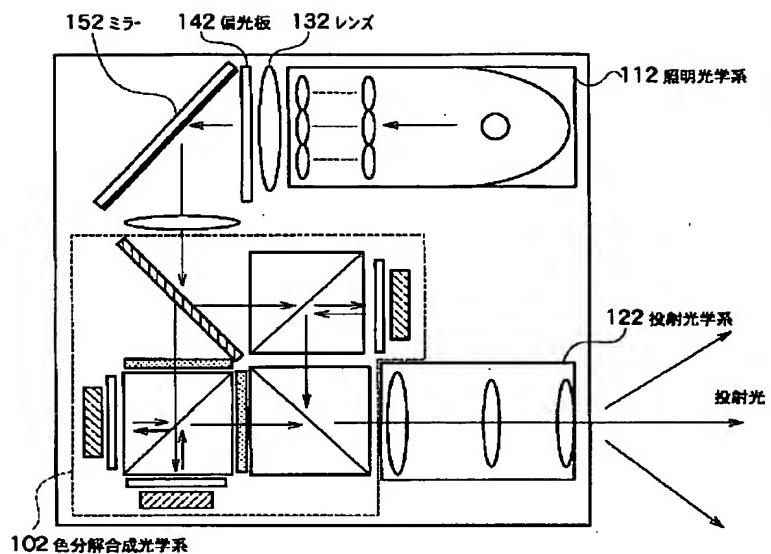
【図7】



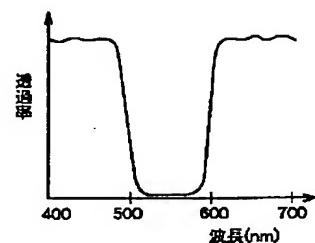
【図8】



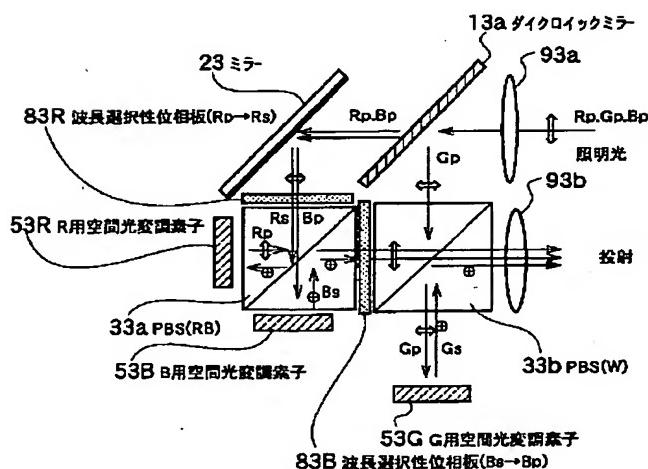
【図9】



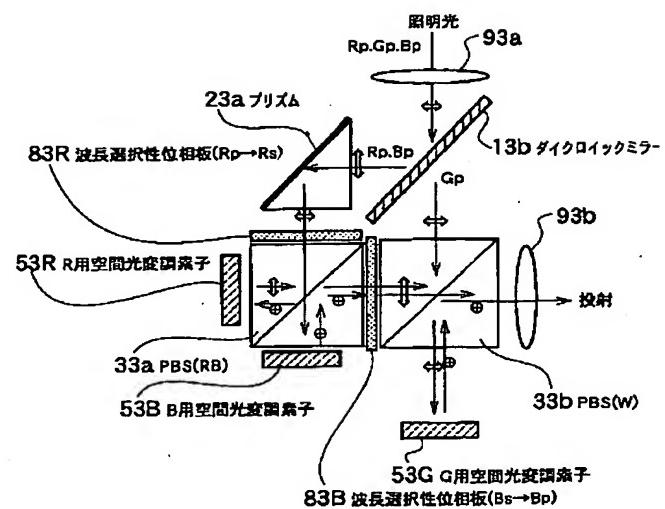
【図16】



【図10】



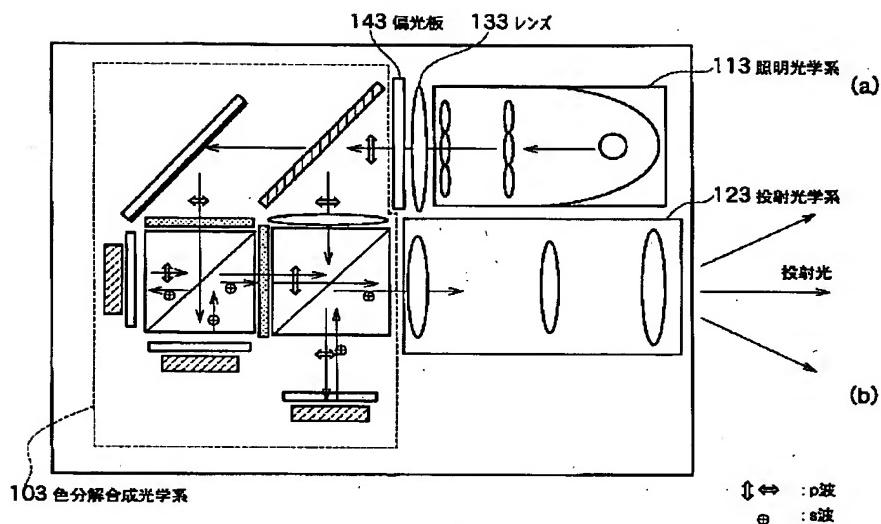
【図11】



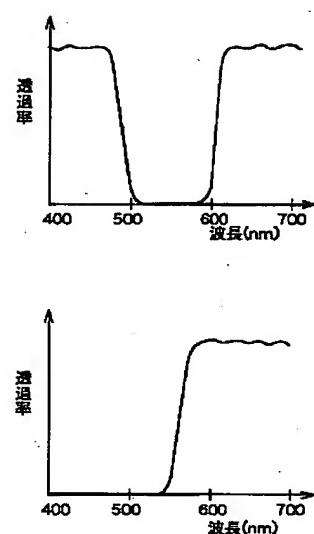
\leftrightarrow : p波
 \oplus : s波

\leftrightarrow : p波
 \oplus : s波

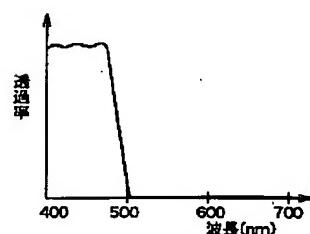
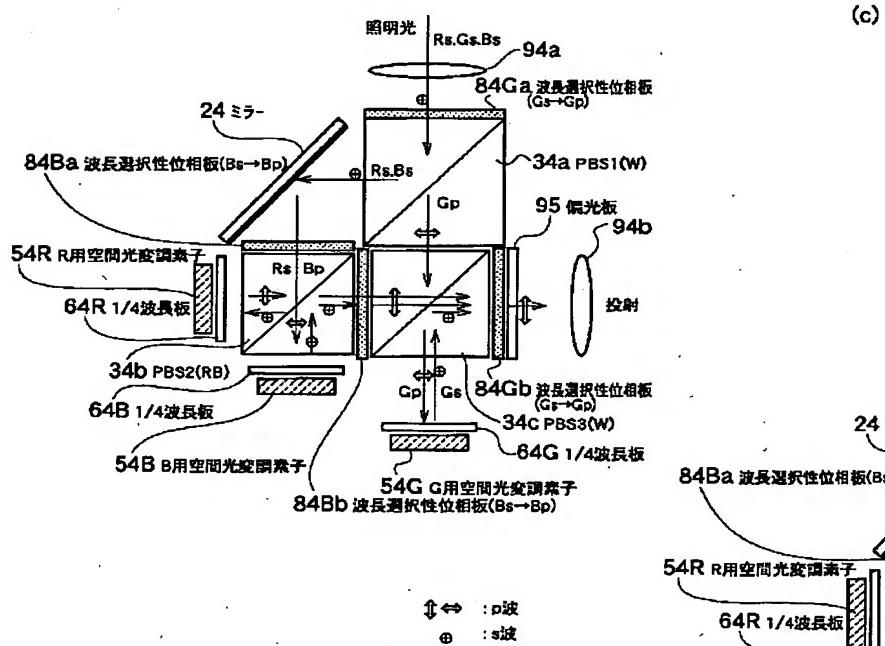
【図12】



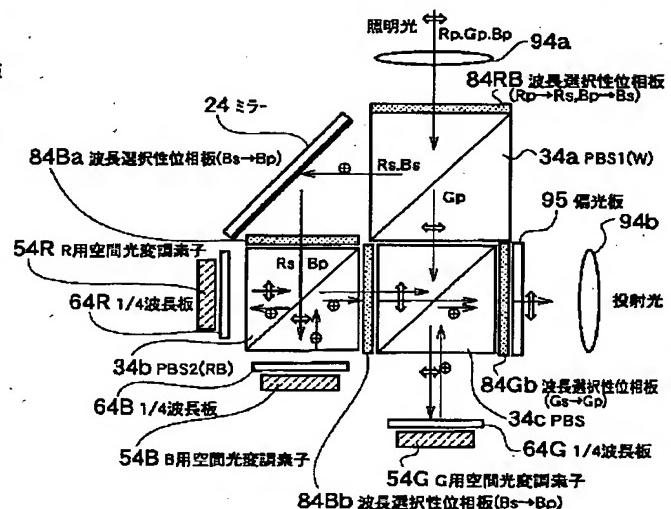
【図14】



【図13】

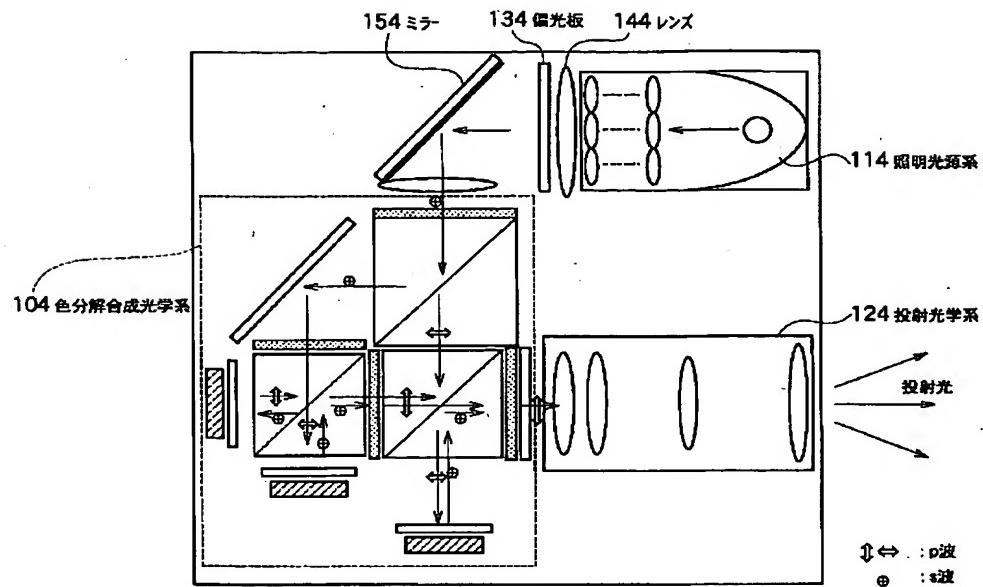


【図17】

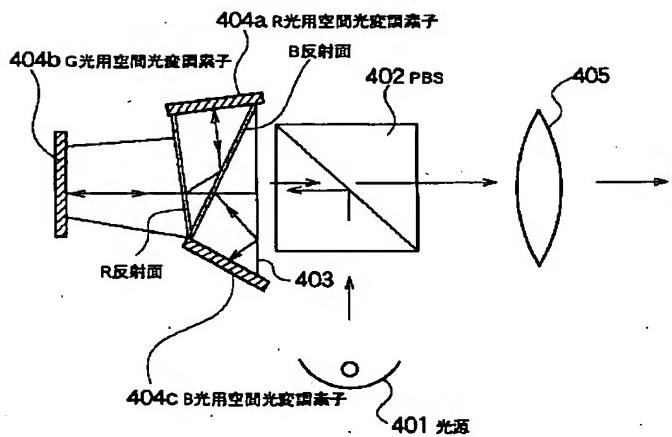


↑↔ : p波
⊖ : s波

【図18】



【図19】



【图20】

